

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

CLIPPEDIMAGE= JP406082663A

PAT-NO: JP406082663A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06082663 A

TITLE: METHOD FOR MACHINING END SURFACE PART OF OPTICAL FIBER

PUBN-DATE: March 25, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TERUI, HIROSHI

YOSHINO, KAORU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP04235532

APPL-DATE: September 3, 1992

INT-CL (IPC): G02B006/42; G02B006/00

US-CL-CURRENT: 385/15

ABSTRACT:

PURPOSE: To precisely and stably machine a spherical tip lens part which has, for example, a  $5\mu\text{m}$  tip radius and low coupling loss without reference to changes in discharge state when a convex curved surface lens part is formed atop of an optical fiber by a discharge fusing method.

CONSTITUTION: For the machining method which fuses a conic vertex part formed atop of the optical fiber 1 by arc discharge, light emitted by the fusing of the conic vertex part is monitored with a photodetector 7 installed at the other end part of the optical fiber 1. The output of this photodetector 7 is fed back to a discharger power source 5 and a limiter circuit 9 stops the discharge to control the shape of the fused end part, i.e., tip radius R. The light emitted from the fused end part shows the heating

temperature and heated  
part length of the fused end part and the discharge is  
stopped on the basis of  
the monitored light intensity to obtain a desired tip  
radius  $R$  at all times  
regardless of changes in the discharge state.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-82663

(43)公開日 平成6年(1994)3月25日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 6/42  
6/00

識別記号

3 3 5

庁内整理番号

7132-2K  
6920-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平4-235532

(22)出願日 平成4年(1992)9月3日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 照井 博

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 吉野 薫

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

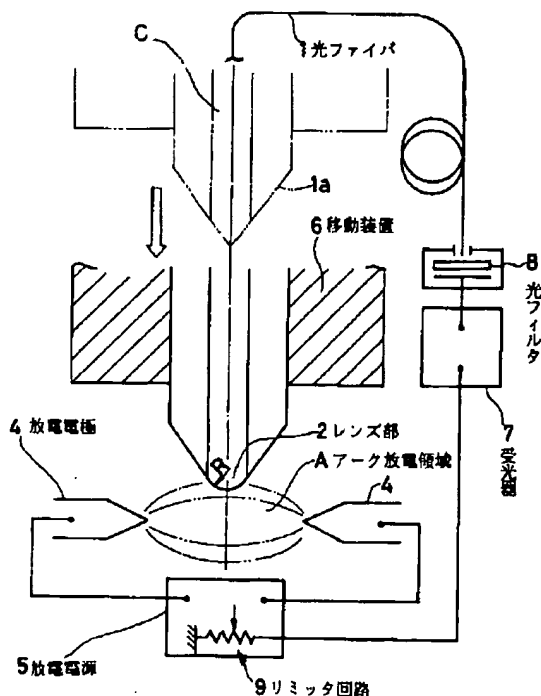
(74)代理人 弁理士 磯野 道造

(54)【発明の名称】 光ファイバ端面部の加工方法

(57)【要約】

【目的】 光ファイバの先端に放電溶融法によって凸曲面レンズ部を形成するに際し、放電状態の変動にかかわらず、例えば先端半径 $5\mu\text{m}$ の結合損の低い先球レンズ部を、精度良く、安定して加工できるようにする。

【構成】 光ファイバ1の先端に形成された円錐頂点部をアーク放電により溶融する加工方法において、円錐頂点部の溶融によって発生する光を、光ファイバ1のもう一方の端部に設置した受光器7でモニタする。この受光器7からの出力を放電電源5に帰還し、リミット回路9で放電を止めるなどして溶融端部の形状すなわち先端半径Rを制御する。溶融端部から発生する光は、溶融端部の加熱温度・加熱部長を表しており、このモニタ光強度に基づいて放電を止めることにより、放電状態の変動にかかわらず、常に所望の先端半径Rを得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバの端部を頂点がコア中心に一致する円錐状に加工し、この円錐頂点部に溶融法によって凸曲面レンズ部を形成する光ファイバ端面部の加工方法において、

前記円錐頂点部の溶融によって発生する光を、この溶融端部と反対側における光ファイバ端部に設置した受光器でモニタし、この受光器からの出力を溶融装置に帰還して前記溶融端部の形状を制御することを特徴とする光ファイバ端面部の加工方法。

【請求項2】 光ファイバの端部を頂点がコア中心に一致する円錐状に加工し、この円錐頂点部に溶融法によって凸曲面レンズ部を形成する光ファイバ端面部の加工方法において、

前記円錐状端部の近傍を、その光軸が重力方向に平行で、かつこの端部の円錐頂点部が重力方向下方に位置するように保持しつつ、円錐頂点部を放電加工領域に漸近させる工程と、前記円錐頂点部の溶融によって発生する光を、この溶融端部と反対側における光ファイバ端部に設置した受光器でモニタし、この受光器からの出力が所定値に達したところで放電を止める工程からなることを特徴とする光ファイバ端面部の加工方法。

【請求項3】 請求項1または請求項2において、光ファイバのモニタ側の端部と受光器との間に、光ファイバの1次モードカットオフ波長より短波長側を阻止する光フィルタを設けたことを特徴とする光ファイバ端面部の加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、光通信や光情報処理の分野において、半導体レーザーや半導体スイッチ等の半導体光素子との光結合に用いられる先球光ファイバの端面部加工方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】例えば、半導体レーザーの発光部からの出力光は、数10°の角度で広がるため、この出力光を集束して光ファイバへ効率良く結合させる必要がある。このような半導体レーザーと光ファイバの光結合には、集束レンズを半導体レーザーと光ファイバ端との間に配設する個別レンズ方式、あるいは光ファイバ先端にレンズを一体的に形成する先端レンズ方式などがある。

【0003】図5に示すのは、円錐状に加工された先端に凸曲面半球状のレンズ部2を形成した先端レンズ方式の光ファイバ1（先球光ファイバ）の例である。このような先球光ファイバ1は、半導体レーザー3との結合において個別レンズを介さず直接光ファイバと結合可能で実装が容易であるなどの利点があるため、ファイバ付きの半導体レーザーモジュール用部品として広く用いられている。

【0004】汎用のInGaAsP半導体レーザー3と

1. 3μm零分散シングルモード光ファイバ1（コア径約10μm）から成るモジュールでは、通常、先端半径R=10μmの先球光ファイバが用いられ、上記レーザー3と光ファイバ1との結合損は3dBである。一方、結合損の理論的試算例では、先端半径R=5μmにできれば、結合損は1dB以下になるとの報告がなされている（例えば、1990年電子情報通信学会春季全国大会予稿C-262「先球ビーム拡大ファイバを用いたLD-SMF結合系の検討」白石和男、相沢芳三、川上彰次郎）。

【0005】このような先球光ファイバの作製には、従来、作製法の一つである溶融法が用いられていた。この溶融法は、光ファイバの端面と端面を永久接続する際にも採用されている放電溶融法を用いるものである。この放電溶融法は、予め先端が円錐状に加工された光ファイバを、その先端部が一对の電極によるアーク放電領域中に位置するように設置し、円錐頂点部とその近傍を放電溶融する方法である。溶融端部は表面張力により丸くなり、これによって先端部に微小なレンズ部2が形成される。このレンズ部2の先端球面の半径Rは、放電時間、先端部の放電領域中への設置位置など予め求めた条件で制御していた。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】前述のような放電溶融法では、先端球面の半径Rが10μm以上の比較的大きなものは作製できる。しかし、結合損を向上させるべく半径Rを10μm以下にしようとすると、所望の先端半径に作製することが困難となる。これは、大気放電が大気の状態（天候）に左右されると共に、放電電極が繰り返し放電によって損耗変形し、放電状態が時々刻々と変動するためであり、従来の溶融法では、R=10μm以下に先端部形状を制御すべく加熱条件の再現性を得るのは不可能であった。従って、先球光ファイバを用いたレーザーモジュールでは、部品点数は少ないという利点はあるものの、結合損は3dB止まりであるという問題点があった。

【0007】この発明は、前述のような問題点を解消すべくなされたもので、その目的は、従来の溶融法における光ファイバ先端半径Rの制御性を改善し、放電状態の変動にかかわらず、常に比較的小径の先端半径（5μm程度）で結合損の低い先球レンズ部を精度良く安定して加工することができ、しかも比較的に簡単な装置構成で達成することのできる先球ファイバ端面部の加工方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】この発明は前記目的を達成するために、光ファイバの端部に加工された円錐頂点部に溶融法によって凸曲面レンズを形成する加工方法において、次のような構成とした。すなわち、従来との特徴的な差異は、前記円錐頂点部の溶融によって発生する

光を、この溶融端部と反対側における光ファイバ端部に設置した受光器でモニタし、この受光器からの出力を溶融装置に帰還して前記溶融端部の形状を制御する点にある。加工手順としては、光ファイバの円錐状端部の近傍を、その光軸が重力方向に平行で、かつこの端部の円錐頂点部が重力方向下方に位置するように保持しつつ、円錐頂点部を放電加工領域に漸近させる工程と、前記円錐頂点部の溶融によって発生する光を、この溶融端部と反対側における光ファイバ端部に設置した受光器でモニタし、この受光器からの出力が所定値に達したところで放電を止める工程から構成する。また、この発明の加工方法が主に適用されるのは、通信用石英系シングルモードファイバであり、光ファイバの一次モードカットオフ波長より短波長側を阻止する光フィルタを、光ファイバのモニタ側の端部と受光器との間に設ける。

#### 【0009】

【作用】前述のような構成において、光ファイバの溶融端部は、放電によって加熱されて光を発生する。その発生強度は、溶融端部の温度が高く、また加熱領域が広いほど強くなる。光はほぼ等方的に発生するが、このうち光ファイバのコア内で発生し、開口角に含まれる光はファイバ中を伝搬して反対側の端部に到達する。従って、この光強度を受光器によりモニタすれば、溶融端部の加熱温度や加熱部長を知ることができ、このモニタ光強度に基づいて溶融装置を制御することにより、放電時の大気状態や放電電極の損耗状態にかかわらず、所望の溶融端部の形状すなわち小径の先端半径Rを精度良く、安定して得ることができる。また、溶融装置にリミット回路等で、モニタ光強度が所定値に達すると、放電が止まるようにしておけば、光ファイバをアーク放電領域に近づけていくだけで、所定の溶融状態に達したところで放電が止まり、放電状態の変動にかかわらず常に所定の先端半径Rの先球光ファイバを自動的に得ることができる。なお、円錐頂点部を重力方向（鉛直方向）下方に配置するのは、溶融した円錐頂点部の形状を光ファイバの光軸に対して対称な半球状に冷却固化させるためである。また、光フィルタを用いることにより、モニタ光は伝搬損失の低いシングルモード光のみとなり、被加工ファイバの長さによらず、より精密な溶融端部、先端半径Rの制御が可能となる。

#### 【0010】

【実施例】以下、この発明を図示する一実施例に基づいて詳細に説明する。図1は、この発明の加工方法を実施するための放電溶融装置を示す概略図である。光ファイバ1は、波長1.3μm零分散の通信用石英系シングルモード光ファイバ（コア径：～10μm）であり、先端部1aが先端角85°の円錐状で頂点がコアCの中心軸線上に一致するように加工されている。放電溶融装置は、水平に対向配置した一对の放電電極4と、この一对の放電電極4に接続された放電電源5と、光ファイバ1

を放電電極4に対して進退移動させる移動装置6を備えている。

【0011】移動装置6は、放電電極4の上方に位置し、光ファイバ1の加工端部を、その光軸が鉛直方向に平行で、円錐頂点部が鉛直下方となるように把持し、鉛直方向に所定ストロークで移動させる装置である。放電電極4の間隔は1.3mmであり、放電電極4によるアーク放電領域Aの中心が、移動装置6にセットされた光ファイバ1の中心軸線上に位置するように設定されている。

【0012】このような構成の放電溶融装置において、光ファイバ1のもう一方の端部に光フィルタ8を介して受光器7を接続し、放電電源5にはリミット回路9を付加する。受光器7は、光ファイバ1の加工端部からの光を受け、この光量に比例した電圧を出力するフォトダイオードであり、ヘッドに感度波長範囲0.75～1.7μm、光パワー測定範囲1pW～1mWのInGaAs受光素子を使用する。

【0013】光フィルタ8は、1次モードカットオフ波長より短波長、例えば1.2μm以下の波長を阻止するフィルタであり、モニタ光のうち伝搬損失の低いシングルモード光のみを通過させるようにする。リミット回路9は、受光器7に電気的に接続され、受光器7からの出力電圧と設定値を比較し、出力電圧がこの設定値を超えると、放電電源5をオフする一般的に使用されているコンパレータ回路である。

【0014】以上のような構成において、次のように加工がなされる。

(1) 一端部に85°の円錐が加工された光ファイバを移動装置6に取り付け、他端を光フィルタ8を介して受光器7に接続する。

(2) 例えば5μmの先端半径Rが得られるモニタ光強度すなわち受光器出力を予め求めておき、これをリミット設定値としてリミット回路9に設定しておく。

(3) 移動装置6を所定の速度で下降させ、光ファイバ1の先端をアーク放電領域Aに漸近させてゆき、円錐頂点部を溶融させる。

(4) 所定の溶融状態に達すると、受光器出力がリミット設定値を超え、放電が停止する。受光器出力すなわちモニタ光強度は、溶融部の加熱温度、加熱部長を表しており、放電時の大気状態、放電電極4の損耗状態にかかわらず、常に所望の溶融状態すなわち5μmの先端半径Rが得られる。

【0015】次に、前述のような装置を使用して実際に加工を行った数値例を示す。一对の放電電極4によりアーク放電が発生している状態で、移動装置6によって光ファイバ1の円錐状先端部を0.3mm/secの速度で接近させていき、リミット回路9が働いて放電が止まった時の受光器出力（モニタ光強度）と溶融加工で形成されたレンズ部2の先端半径Rとの関係を調べた。

【0016】図2は、放電電源5のリミット設定値をモニタ光強度換算で26 pWに設定した時のモニタ光出力の時間依存性である。この図2からモニタ光強度は、ファイバ先端がアーク放電領域Aに接近するに従って増加し、26 pWに達したところで放電が止まり、その後、ファイバ先端溶融部の温度低下に伴って漸減することがわかる。この時の先端半径Rは、レーザー顕微鏡による測定の結果、 $5\mu\text{m} \pm 1\mu\text{m}$ であった。

【0017】図3は、リミット値をモニタ光強度換算で19.5 pWから42 pWまでの種々の値に設定した時の得られる先端半径Rのグラフである。先端半径Rは、 $3\mu\text{m}$ から $10\mu\text{m}$ まで $\pm 1\mu\text{m}$ 以下の精度で制御することができた。なお、リミット動作時のモニタ光強度が19 pW以下の場合では、先端部は溶融した形跡はあるものの、半球状にはならなかった。

【0018】次に、この発明の効果を確認するため、前述のようにして作製した先球光ファイバ1と半導体レーザー3との光結合特性を調べた。特性測定に用いたレーザー3は、放射角の垂直・水平方向の半値全幅 $\theta_v$ 、 $\theta_H$ がそれぞれ $35^\circ$ 、 $25^\circ$ の1.3  $\mu\text{m}$ 出力のInGaAsPレーザーである。図4に示すように、先端半径 $5\mu\text{m} \pm 1\mu\text{m}$ で最低損失0.9 dBが得られた。

【0019】この場合、先端レンズ部2にも、もう一方の結合光モニタ部にも無反射コートは施しておらず、適切な無反射コートを先球光ファイバの両端に施してフレネル損を排除すれば、さらに0.3 dBの結合損低下が期待でき、0.6 dBの低結合損失のモジュールを得ることができる。最低結合損を与えるR値およびその時の結合損値は、前述した文献の理論的試算によく合致しており、この発明によれば理想的な先端Rの制御が可能である。

【0020】なお、以上は半導体レーザとシングルモード光ファイバの光結合に用いられる先球光ファイバについて説明したが、これに限ることなく、その他の光素子結合される先球光ファイバなどにもこの発明を適用することはいうまでもない。また、溶融装置の制御にリミット回路を使用して放電を止める例を示したが、これに限らず、その他の制御方式を採用することもできる。

#### 【0021】

【発明の効果】前述の通り、この発明は、円錐状に加工された光ファイバ端部を溶融加工するに際し、他方の端部に受光器を設けて溶融状態をモニタし、この受光器からの出力に基づいて溶融先端部の形状を制御するようにしたため、放電時の大気状態や放電電極の損耗状態などにかかわらず、比較的小径の先端半径を精密に制御でき、理論的試算が要求する最適の先端半径を安定して加工できる。また、これを実現する機器類も例えば放電溶融装置には汎用のファイバ融着接続装置を一部改造し、受光器としては光通信波長域用光パワーメータを使用すればよく、安価に構成できる。従って、この発明によれば、半導体レーザーをはじめとする半導体光素子と1'd B以下の極めて低損失で光結合する高性能の先球光ファイバを安価に供給でき、高出力レーザーモジュールや、低ノイズ半導体光アンプの実現に資するところが大きい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の加工方法を実施するための放電溶融装置を示す概略図である。

【図2】この発明による溶融加工時のモニタ光出力の時間変化を示すグラフである。

【図3】この発明のリミット設定値と先端半径Rの関係を示すグラフである。

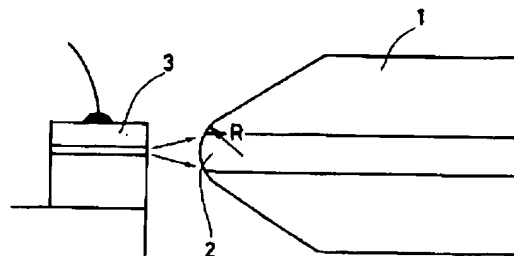
【図4】先球光ファイバの先端半径Rと、半導体レーザーとの結合損との関係を示すグラフである。

【図5】半導体レーザーと先球光ファイバの配置状態を示す概略図である。

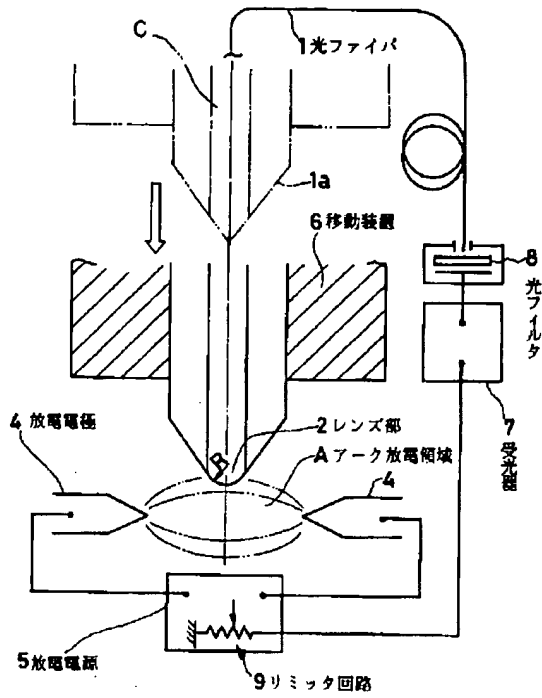
#### 【符号の説明】

- |   |         |
|---|---------|
| 1 | 光ファイバ   |
| 2 | レンズ部    |
| 3 | 半導体レーザー |
| 4 | 放電電極    |
| 5 | 放電電源    |
| 6 | 移動装置    |
| 7 | 受光器     |
| 8 | 光フィルタ   |
| 9 | リミット回路  |

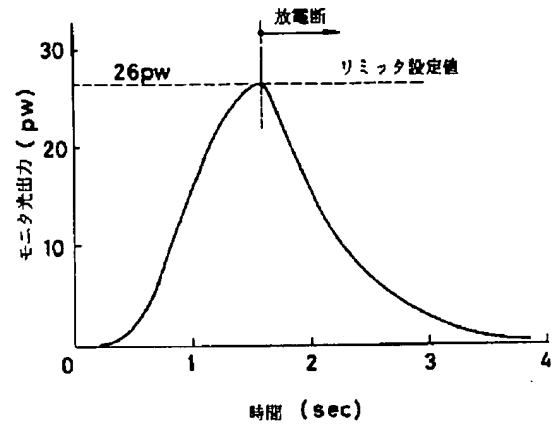
【図5】



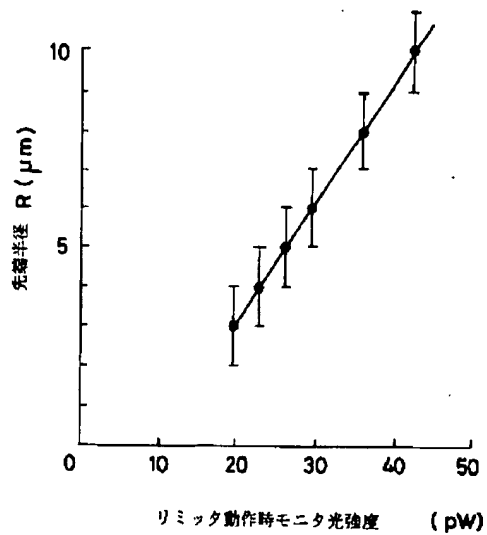
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

